

特開平8-110425

(43)公開日 平成8年(1996)4月30日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

G 0 2 B 6/122

6/13

6/42

G 0 2 B 6/ 12

A

M

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-245439

(22)出願日 平成6年(1994)10月11日

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 岡野 広明

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 樋口 恵一

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 發明者 上堀 尚登

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社オプトロシステム研究所内

(74)代理人 弁理士 松本 孝

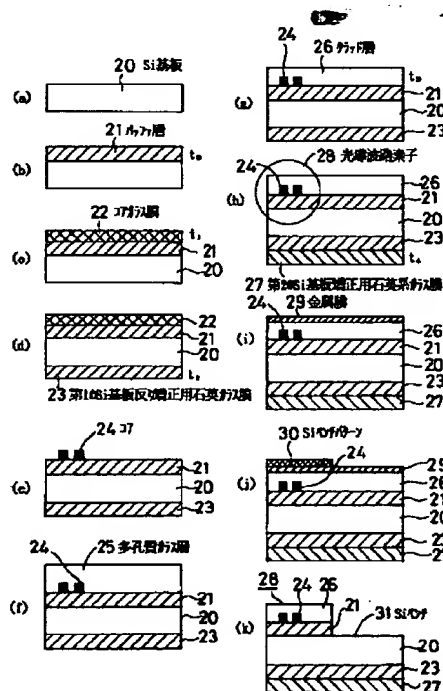
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路及びその製造方法並びに光伝送モジュール

(57) 【要約】

【目的】バッファ層及びコアガラス膜形成後のSi基板の反りを極めて小さくし、さらに、クラッド層形成後のSi基板の反りも極めて小さくする。

【構成】Si基板20の表面にバッファ層21を形成し、その上にコアガラス膜22を形成する。バッファ層21及びコアガラス膜22を形成することによって生じたSi基板20の反りを矯正するために、バッファ層21と同一組成で構成される石英系ガラス膜23をSi基板20の裏面に形成する。次いで、コアガラス膜22を加工してコア24を形成し、コア上に多孔質ガラス層25を形成した後、多孔質ガラス層を透明ガラス化してクラッド層26を形成する。クラッド層26を形成することにより生じたSi基板20の反りを矯正するために、Si基板20の裏面に形成した石英系ガラス膜23上に、さらにバッファ層21またはクラッド層26と同一組成で構成される石英系ガラス膜27を形成する。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si基板と、該Si基板の表面に設けられたバッファ層と、該バッファ層上に設けられたコアと、該コアを含むバッファ層上に設けられたクラッド層と、前記Si基板の表面の一部を露出させることにより形成され、光素子が搭載されるSiベンチと、前記Si基板の裏面に設けられ、前記バッファ層とコアとを設ける過程で生じるSi基板の反りを矯正する第1の石英系ガラス膜と、該第1の反り矯正層上に設けられ、前記クラッド層を設ける過程で生じるSi基板の反りを矯正する第2の石英系ガラス膜とを備えた光導波路。

【請求項2】 Si基板の表面に膜厚 t_0 を有するバッファ層を形成し、該バッファ層上に膜厚 t_1 を有するコアガラス膜を形成し、前記バッファ層及びコアガラス膜を形成することによって生じたSi基板の反りを矯正するために、前記バッファ層と同一組成で構成される膜厚 t_2 の第1の石英系ガラス膜を前記Si基板の裏面に形成し、次いで、前記コアガラス膜を加工してコアを形成し、該コアを含む前記バッファ層上に多孔質ガラス層を形成した後、該記多孔質ガラス層を透明ガラス化して膜厚 t_3 を有するクラッド層を形成し、前記クラッド層を形成することにより生じたSi基板の反りを矯正するために、第1の石英系ガラス膜上に、さらに前記バッファ層またはクラッド層と同一組成で構成される膜厚 t_4 の第2の石英系ガラス膜を形成し、しかる後、前記Si基板の表面に形成した余剰な石英系ガラス層を除去することにより前記Si基板表面を露出させてSiベンチを形成することを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項3】 請求項1に記載の光導波路の製造方法において、前記Si基板の裏面に形成する第1の石英系ガラス膜の膜厚 t_2 は

$$t_0 + t_1 \geq t_2$$

である光導波路の製造方法。

【請求項4】 請求項1または2に記載の光導波路の製造方法において、第1の石英系ガラス膜表面にさらに形成する第2の石英系ガラス膜の膜厚 t_4 は

$$t_3 \geq t_4$$

である光導波路の製造方法。

【請求項5】 請求項1に記載の光導波路において、前記ベンチに搭載した光素子と、光導波路端部に接続した光ファイバとをさらに備えた光伝送モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信部品分野に広範囲な応用を持つ光導波路及びその製造方法並びに光伝送モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 光導波路素子を形成したSi基板上に、半導体光源や半導体光検出器等の半導体光素子を搭載できるようにしたSiベンチをもつ光導波路が開発される

ようになってきた。図4は、そのような光導波路の製造方法を示す工程図である。

【0003】 まず、Si基板1（図4（a））上に光導波路素子を形成する手順から説明する。この光導波路素子を形成するために、最初に電子ビーム蒸着法により組成 SiO_2 のガラス膜をSi基板1の全面にバッファ層2として形成する（図4（b））。次に、バッファ層2上に電子ビーム蒸着法により組成 $\text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$ のコアガラス膜3を形成する（図4（c））。次に、コアガラス膜3をフォトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングで加工してコア4を形成する（図4（d））。さらにコア4を含むバッファ層2上に、火炎堆積法により $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5$ 系多孔質ガラス層5を300～400 μm 堆積させる（図4（e））。これを電気炉内に移してHeガス雰囲気中で熱処理を施し、多孔質ガラス層5を透明ガラス化して $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5$ 系ガラスで構成されたクラッド層6を形成し、これにより光導波路素子7を形成する（図4（f））。熱処理の温度は1330℃である。ここで、 B_2O_3 及び P_2O_5 のドーパント材は透明ガラス温度を下げる目的で添加するものであり、また、クラッド層の屈折率は光学特性上、バッファ層2と同等にする必要がある。

【0004】 次に、このようにして光導波路素子7を形成したSi基板1上に、半導体光源や半導体光検出器等の半導体光素子を搭載するためのSiベンチ10を形成する。このSiベンチ10を形成するためには、Si基板1上の光導波路素子部7以外の部分のSi表面を露出させる必要がある。これには、まず、クラッド層6の表面にスパッタリング法により金属膜8を形成する（図4（g））。さらにフォトリソグラフィによりSi基板1の表面を露出させるためのパターン9を形成する（図4（h））。このパターン9をもとに反応性イオンエッチングを用いて余剰な石英系ガラス層を削り取り、Siベンチ10を形成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した光導波路の製造方法では、Si基板上にバッファ層として SiO_2 ガラスを、光学特性に支障をきたさない程度である15 μm 以上成膜すると、Siと SiO_2 ガラスの線膨張係数差からSi基板に反りが生じるという問題がある。この反りの大きさはバッファ層の膜厚に依存し膜厚が厚ければ反り量も比例して大きくなる。また、バッファ層上にさらに膜厚6～8 μm のコアガラス膜を成膜するため、Si基板の反り量はさらに大きくなる。

【0006】 この後、フォトリソグラフィ及び反応性イオンエッチングを用いてコアを形成させるが、このSi基板の反りにより、フォトリソグラフィによるコアを形成するための高精度なパターン形成が困難となる。

【0007】 また、クラッド層形成後においては、この反り量は～150 μm にも達し、Siベンチ形成のため

のフォトリソグラフィによるパターンニングは極めて困難になる。さらに、この反りは、上記光導波路に光素子を搭載し、光ファイバを接続した光伝送モジュールにもそのまま引き継がれることになるため、精度の高い光伝送モジュールが得られない。

【0008】本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、バッファ層及びコアガラス膜形成後のSi基板の反りが極めて小さく、さらに、クラッド層形成後のSi基板の反りも極めて小さい導波路及びその製造方法並びに光伝送モジュールを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路は、Si基板と、該Si基板の表面に設けられたバッファ層と、該バッファ層上に設けられたコアと、該コアを含むバッファ層上に設けられたクラッド層と、前記Si基板の表面の一部を露出させることにより作られ、光素子が搭載されるSiベンチと、前記Si基板の裏面に設けられ、前記バッファ層とコアとを設ける過程で生じるSi基板の反りを矯正する第1の石英系ガラス膜と、該第1の反り矯正層上に設けられ、前記クラッド層を設ける過程で生じるSi基板の反りを矯正する第2の石英系ガラス膜とを備えたものである。

【0010】本発明の光導波路の製造方法は、Si基板の表面に膜厚 t_0 を有するバッファ層を形成し、該バッファ層上に膜厚 t_1 を有するコアガラス膜を形成し、前記バッファ層及びコアガラス膜を形成することによって生じたSi基板の反りを矯正するために、前記バッファ層と同一組成で構成される膜厚 t_2 の第1の石英系ガラス膜を前記Si基板の裏面に形成し、次いで、前記コアガラス膜を加工してコアを形成し、該コアを含む前記バッファ層上に多孔質ガラス層を形成した後、該記多孔質ガラス層を透明ガラス化して膜厚 t_3 を有するクラッド層を形成し、前記クラッド層を形成することにより生じたSi基板の反りを矯正するために、第1の石英系ガラス膜上に、さらに前記バッファ層またはクラッド層と同一組成で構成される膜厚 t_4 の第2の石英系ガラス膜を形成し、しかる後、前記Si基板の表面に形成した余剰な石英系ガラス層を除去することにより前記Si基板表面を露出させてSiベンチを形成するものである。

【0011】上記光導波路の製造方法において、バッファ層及びコアガラス膜の形成によって生じるSi基板の反りを有効に矯正するために、Si基板の裏面に形成する第1の石英系ガラス膜の膜厚 t_2 は $t_0 + t_1 \geq t_2$ とすることが好ましい。 $t_0 + t_1 < t_2$ にすると矯正過剰となって逆反りが生じるからである。また、第1の石英系ガラス膜表面にさらに形成する第2の石英系ガラス膜の膜厚 t_4 は $t_3 \geq t_4$ にすることが好ましい。同様に、 $t_3 < t_4$ とすると矯正過剰となって逆反りが生じるからである。

【0012】本発明の光伝送モジュールは、上記光導波

路において、前記ベンチに搭載した光素子と、光導波路端部に接続した光ファイバとをさらに備えたものである。

【0013】

【作用】Si基板上にバッファ層及びコアガラス膜を形成するとSi基板に反りが生じるが、バッファ層及びコアガラス膜形成後にSi基板裏面にバッファ層と同一組成で構成される石英系ガラス膜を形成すると、Si基板の反りが低減する。

10 【0014】さらにクラッド層を形成すると同様にSi基板に反りが生じるが、クラッド層形成後においても、バッファ層やクラッド層と同一組成で構成される石英系ガラス膜をSi基板裏側に形成すると、Si基板の反りが低減する。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて具体的に説明する。図2は本実施例による光導波路の断面図であり、光導波路は、Si基板20上に光導波路素子28とSiベンチ31とを有する。

20 【0016】より具体的には、光導波路は、Si基板20の表面に、バッファ層21と、バッファ層21上に設けられたコア24と、コア24を含むバッファ層24上に設けられたクラッド層26とからなる光導波路素子28を備える。また、露出させたSi基板20の表面の一部に光素子を搭載するSiベンチ31を備える。Siベンチ31は、Si基板20の表面に形成した余剰な石英系ガラス層(21、24、26)を除去して、前記Si基板表面を露出させることにより形成する。

30 【0017】一方、Si基板20の裏面に、バッファ層21とコア24とを設ける過程で生じるSi基板20の反りを矯正する第1のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜23と、この上にさらに設けられクラッド層26を設ける過程で生じるSi基板20の反りを矯正する第2の基板反り矯正用石英系ガラス膜27とを備えて構成される。

【0018】このように本実施例による光導波路は、Si基板裏面に基板の反りを矯正する石英系ガラス膜を2層にわたって設けてあるため、反りのない高精度の光導波路が得られる。

40 【0019】次に上述した光導波路の製造方法を図1を用いて説明する。

【0020】まず、Si基板20上に光導波路素子を形成する。この光導波路素子を形成するために、最初に外径3インチ、厚さ1mmのSi基板20(図1(a))の表面に、SiO₂のガラス膜を電子ビーム蒸着法で25 μ m堆積させてバッファ層21とした(図1(b))。バッファ層21の屈折率 n_0 は、Mettrion社製のプリズム・カプラ(PC-2010)で測定したところ、 $n_0 = 1.4576$ であった。ここで、バッファ層21が形成されたSi基板20の反り量は50 μ mであ

った。

【0021】次に、バッファ層21上に、屈折率 n_1 を有するコアガラス膜22を電子ビーム蒸着法で $8\mu\text{m}$ 形成する(図1(c))。屈折率 n_1 はプリズム・カプラで測定したところ $n_1 = 1.4620$ であった。ここで、コアガラス膜22が形成されたSi基板20の反り量は $80\mu\text{m}$ であった。

【0022】このようにSi基板20上にバッファ層21及びコアガラス膜22を形成したところで、上記反りを矯正するために、Si基板20の裏面にSiO₂のガラス膜を電子ビーム蒸着法で $30\mu\text{m}$ 堆積させ、第1のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜23とした(図1(d))。ここで、第1のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜23をSi基板20の裏面に形成したことでSi基板20の反り量は $\sim 5\mu\text{m}$ に低減した。

【0023】次に、コアガラス膜22の表面上に、マグネトロン・スパッタリング法によりWSi膜(図示せず)を $1\mu\text{m}$ 形成した。さらに、レジスト(図示せず)を塗布後、マスクアライナでコアパターンを転写し、反応性イオンエッチング(RIE)でコアガラス膜22をエッチングしてコア24を形成した(図1(e))。

【0024】コア24が形成されたSi基板20を、加熱されたターンテーブルに置き、火炎堆積法を用いて、まずSiO₂-B₂O₃-P₂O₅系の多孔質ガラス層25を $300\mu\text{m}$ 形成する(図1(f))。その後、基板20は電気炉内で石英ガラス炉心管内に位置させ、Heガス雰囲気中で 1330°C の温度で1時間保持することにより多孔質ガラス層25を透明化ガラス化して、クラッド層26を厚さ $25\mu\text{m}$ 形成した(図1(g))。このクラッド層26の屈折率 n_2 は 1.4576 であり、バッファ層21と同じであることを確認した。また本実施例ではコア24の幅及び高さは共に $8\mu\text{m}$ 、コア24、バッファ層21、クラッド層26間の比屈折率差は 0.3% である。ここで、クラッド層26が形成されたSi基板20の反り量は $50\mu\text{m}$ とまた増加した。

【0025】次に、この反りを矯正するために、Si基板20の裏面に形成したSi基板反り矯正用石英系ガラス膜23の上に、さらにSiO₂のガラス膜を電子ビーム蒸着法で $25\mu\text{m}$ 堆積させ第2のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜27とした(図1(h))。ここで、第2のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜27をSi基板20の裏面に形成させたことでSi基板20の反り量は $\sim 5\mu\text{m}$ に低減した。

【0026】次に、Si基板20上に、半導体光源や半導体光検出器等の半導体光素子を搭載するためのSiベンチを形成する。このSiベンチを形成するためには、Si基板20上に形成した光導波路素子部28以外の部分のSi表面を露出させる必要がある。

【0027】これには、まず、クラッド層26の表面にスパッタリング法により金属膜29を形成する(図1

(i))。さらにフォトリソグラフィによりSi表面を露出させるためのSiベンチパターン30を形成する(図1(j))。このパターン30をもとに反応性イオンエッチングを用いて余剰な石英系ガラス層(21、26)を削り取り、Siベンチ31を形成する(図1(k))。

【0028】かくして、Si基板20上に石英系ガラス導波路素子28と、Siベンチ31が設けられた光導波路が形成される。その製造過程で、バッファ層及びコアガラス膜を形成した後にSi基板の裏面に基板反り矯正用石英ガラス膜を形成してバッファ層、及びコアガラス膜の形成により生じる基板の反りを矯正するようにしたので、コアを形成するための高精度なパターン形成が容易となる。またクラッド層形成後にもSi基板裏面に基板反り矯正用石英ガラス膜を形成してクラッド層の形成により生じる基板の反りを矯正するようにしたので、クラッド層形成後に行うSiベンチ形成のためのパターンニングが容易となる。その結果、精度の高い光導波路が形成できる。

【0029】このようにして形成された光導波路は、最後に光素子が搭載され、光ファイバが接続されて光伝送モジュールとなる。この光伝送モジュールは図3に示すように、Siベンチ31にLD(レーザダイオード)などの半導体光源32や、PD(ホトディテクタ)などの半導体光検出器33が搭載され、これらはSiベンチ31に臨ませたコア24の端部と光軸結合される。一方、光導波路端には光ファイバ34がコネクタ35によって接続され、コア24の端部と光軸結合される。この場合でも、光導波路が反りのない高精度の光導波路であるため、光軸結合は高精度に行うことができ、精度の高い光伝送モジュールを構成できる。

【0030】

【発明の効果】本発明の導波路によれば、Si基板に反り矯正層を設けてあるため、Si基板の反りの極めて少ない導波路が得られる。

【0031】本発明の導波路の製造方法によれば、Si基板上にバッファ層及びコアガラス膜を形成後、バッファ層と同一組成で構成される石英系ガラス膜をSi基板裏面に形成してSi基板の反りを矯正するため、反りが極めて少なく、次工程のコアのパターンニングを極めて高精度で行うことができる。また、クラッド層形成後においても、同じく石英系ガラス膜をSi基板裏面に形成してSi基板の反りを矯正するための、反りが極めて少なく、次工程のSiベンチのパターンニングも極めて高精度で行うことができる。

【0032】本発明の光伝送モジュールによれば、Si基板に反りの少ない導波路を用いているので、高精度の光伝送モジュールが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による光導波路の製造方法の工

程図。

【図2】本発明の実施例による光導波路の断面図。

【図3】本発明の実施例による光伝送モジュールの斜視図。

【図4】従来の光導波路の製造方法の工程図。

【符号の説明】

20 Si基板

21 パッファ層

22 コアガラス膜

23 第1のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜

24 コア

25 多孔質ガラス層

26 クラッド層

27 第2のSi基板反り矯正用石英系ガラス膜

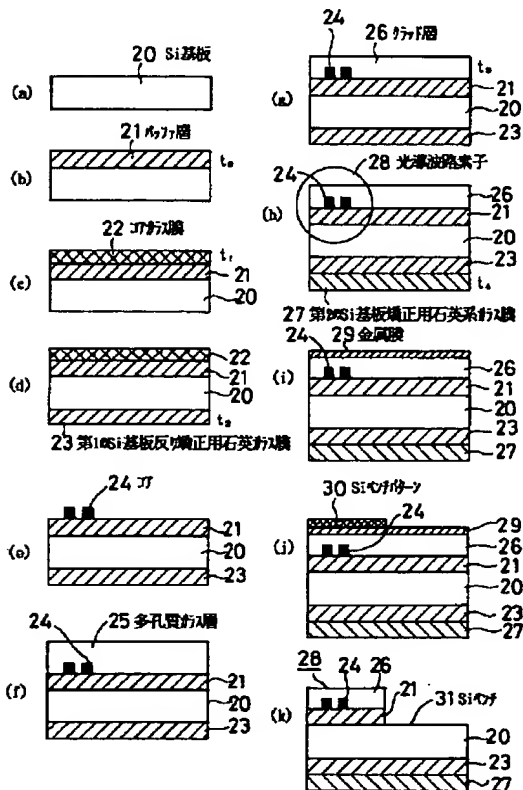
28 光導波路素子

29 金属膜

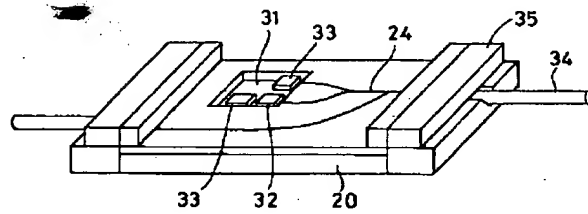
30 Siベンチパターン

31 Siベンチ

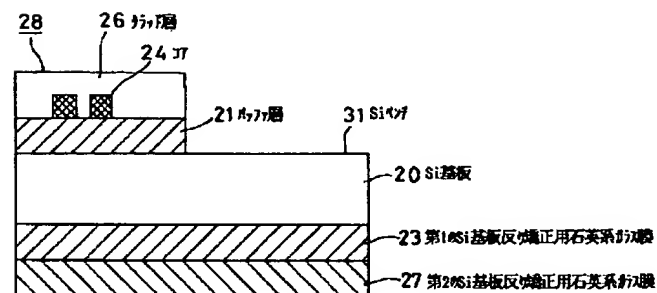
【図1】



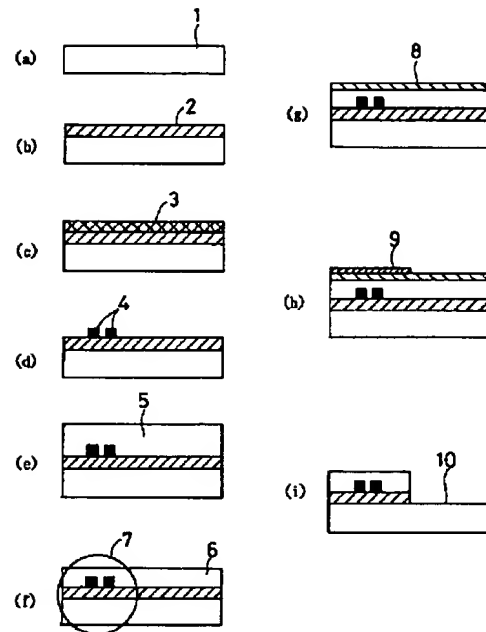
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 寺岡 達夫
 茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
 電線株式会社オプトロシステム研究所内